

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-021921

(43)Date of publication of application : 23.01.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/10

(21)Application number : 06-154589

(71)Applicant : SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD

(22)Date of filing : 06.07.1994

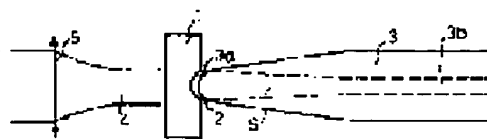
(72)Inventor : SAKANE TOSHIO

(54) METHOD AND DEVICE FOR WORKING CURVED SURFACE AT FRONT END OF OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily impart a desired curved surface to the front end of an optical fiber with high reliability by irradiating a molding member with a laser beam to raise the temp. of the concave curved surface part to a temp. above the melting temp. of the optical fiber.

CONSTITUTION: The concave curved surface 2 for molding is formed on one surface of the molding member 1. On the other hand, the front end part of the optical fiber 3 is previously polished and molded into a convergent shape and its front end face 3a is previously polished into a shape approximate to the desired curved surface. The optical fiber 3 is moved along its central axis and the front end face 3a of the optical fiber is pressed by slight pressing force to the concave curved surface 2. The laser beam 4 is cast on the concave curved surface 2 from the opposite surface of the molding member 1 simultaneously with this pressing. The concave curved surface 2, then, generates heat. The front end face 3a of the optical fiber 3 melts and is copied and molded into the convex curved surface shape corresponding to the concave curved surface. At this time, the melting amt. at the front end of the optical fiber 3 is extremely slight and the forming of the curved surface is rapidly completed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/10

識別記号

D

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-154589

(22) 出願日 平成6年(1994)7月6日

(71) 出願人 000183266

住友大阪セメント株式会社

東京都千代田区神田美土代町1番地

(72) 発明者 坂根 敏夫

千葉県船橋市豊富町585 住友セメント株式会社光電子事業部内

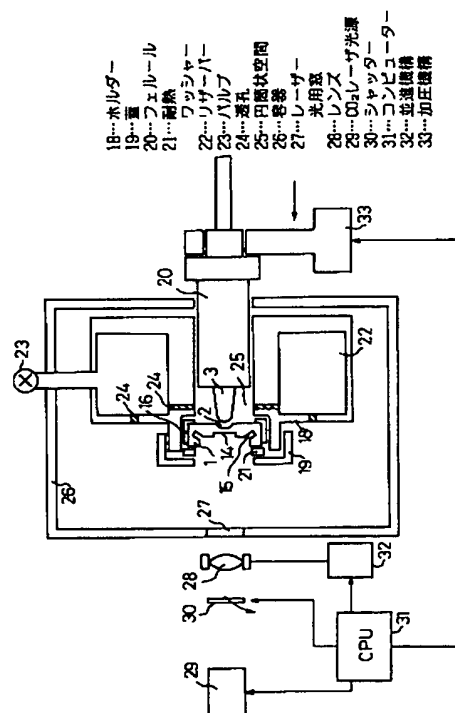
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ先端の曲面加工方法および装置

(57) 【要約】

【目的】 光ファイバを、複雑な光学系を必要とせずにレーザーダイオードに結合することができる光ファイバを得るための光ファイバ先端の曲面成形加工。

【構成】 成形部材の凹曲面に、光ファイバ先端を押し当て、この成形部材にレーザー光を照射して、凹曲面部分を加熱し、光ファイバ先端部を熔融し、かつ凹曲面に対応する曲面に成型する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ先端面に、熔融成形を施すに際し、

成形部材に形成され、かつ所望の形状および寸法を有する凹曲面に、光ファイバの先端面を、この光ファイバの中心軸方向の押圧下に押し当て、かつ前記成形部材にレーザー光を照射して、前記凹曲面部分の温度を、前記光ファイバの熔融温度以上に上昇させ、
それによって、前記光ファイバ先端面を、前記凹曲面に対応する曲面に成形することを特徴とする、光ファイバ先端の曲面加工方法。

【請求項2】 前記押し当て工程および加熱工程を、不活性ガス、又は還元性ガスからなる雰囲気中において施す、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記光ファイバの先端部分を、予め先に成形する、請求項1に記載の方法。

【請求項4】 光ファイバの先端面に熔融成形を施すために、
所望形状および寸法を有する凹曲面部を具備している成形部材と、
前記凹曲面部に対向して配置され、前記光ファイバを収容固定する案内筒と、
前記案内筒を、それに収容固定される光ファイバの中心軸に沿って変位する手段と、および前記成形部材に、レーザー光を照射する手段と、を有することを特徴とする、光ファイバ先端の曲面加工装置。

【請求項5】 前記成形部材は黒鉛あるいは炭化ケイ素からなり、この成形部材をとりかこむ空間に、不活性ガス又は還元性ガス供給源が連結されている、請求項4に記載の装置。

【請求項6】 前記レーザー光照射手段が、前記成形部材に対向して配置されたCO₂レーザー光源と、前記CO₂レーザー光源と前記成形部材との間に配置された集光レンズと前記集光レンズと前記CO₂レーザー光源との間に配置されたシャッターとを有する、請求項4に記載の装置。

【請求項7】 前記シャッターが、照射時間制御手段に連結されている請求項6に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光ファイバ先端の曲面加工方法および装置に関する。更に詳しく述べるならば、本発明は、シングルモード光ファイバ（以下、SMFと記す）の先端に曲面加工、特に球面加工を施す方法および装置に関するものである。このような曲面先端面、特に球面先端面を有する光ファイバは、光源からの光を、効率よく入射結合させるのに有用なものである。

【0002】

【従来の技術】 光源から出射された光を、光ファイバ（SMF）に入射結合する場合、当該光ファイバの入射

面におけるビームパラメータ（波面曲率および径）を、当該光ファイバ（SMF）の固有モードのビームパラメータに一致させる必要がある。しかし、一般にSMFのモードフィールド径（以下MFDと記す）は、約10μm程度の小さな径を有するものであるから、その調整に多大の労力を要し、許容誤差が小さく、また耐環境性の要求が厳しいなどの問題を有している。

【0003】 特にレーザーダイオード（LD）から発光された光を、SMFに入射する場合、このLDとSMFとの結合は、SMFとSMFとの結合にくらべて、困難であり、かつ結合効率が低いという問題がある。

【0004】 一般に、LD→SMF光入射結合の調整の許容量を上げ、かつ結合効率を向上させるために下記手段をとることが試みられた。

（1）SMFのコア部先端に、球レンズを貼りつけ、集光効率を増大させる。

（2）SMFのコア部を加熱して、その径を拡大し（コア拡大ファイバ）、それによって調整許容量を増大する、上記のようにすることにより、1.3～1.5μm帯のレーザーダイオード、つまりビーム断面の楕円率（すなわち、縦横比、又はアスペクト比、以下アスペクト比と記す）が1.5以下のレーザーダイオードを用いる場合には、高い結合効率が得られている。

【0005】 しかし、可視～近赤外（1μm以下）帯域のレーザー光を発光するレーザーダイオードを用いる場合、そのアスペクト比は、約3という大きな値であるため、通常の球面レンズ系を用いるLD-SMF結合系においては、この大きなアスペクト比が、そのまゝSMFに転送され、このビームモードは、通常円形断面を有するSMFのMFDと一致せず、従って結合効率が不十分になる。このような結合系では、一般にその結合効率はたかだか50%程度である。このために、ビーム整形光学系を用いて、LDからの出射光ビームの断面形状を円形に変換した上、これをSMF入射端に入射する必要がある。

【0006】 上記のような従来のLD-SMF結合光学系が、図1および図2に例示されている。図1（a）および（b）には、シリンダーレンズを用いて、LDとSMFとを結合する光学系（1993年電子情報通信学会秋季大会、C-116）が示されている。図1（a）および（b）において、レーザーダイオード（LD）35と、光ファイバ（SMF）37とが、レンズ36およびシリンダーレンズ34を介して結合されている。図1

（a）および（b）において、LD35から出力されたレーザー光は、レンズ36によりコリメート（平行化）される。シリンダーレンズ34においては、入出力面における稜線が交差している。図1（a）においては、コリメートされたレーザー光は、シリンダーレンズ34の後端曲面34aにおいて収斂し、θ∥方向の結像倍率を変換して、SMF37の入射端面に集光入射する。また

図1 (b)においては、コリメートされたレーザー光が、シリンダーレンズ34の前端曲面34bにおいて収斂し、 $\odot\perp$ 方向の結像倍率を変えてSMF37に集光する。

【0007】図2 (a) および (b) には、LDとSMFがアナモルフィックプリズムにより結合された光学系 (Applied Optics, Vol. 28, P4560 (1989)) が示されている。図2 (a) および (b) において、LD35とSMF37の間に、コリメータレンズ36、アナモルフィックプリズム38および集光レンズ39を配置し、コリメータレンズ36により平行化されたレーザービームを、アナモルフィックプリズム38により、円形 (断面形状) ビームに変換し、かつその径 ($\odot\perp$ 方向) を変換し、さらにLDの非点隔差も補正し、これを集光レンズ39により $\odot\parallel$ 方向 (図2 (a)) および $\odot\perp$ 方向 (図2 (b)) に、同一点に、同一径の円形ビームとして集光し、SMF37に入射する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の方法によれば、約3のアスペクト比を有するLDからのレーザー光を、SMFに効率よく入射結合させるには、LDから出力されたレーザー光を、コリメータレンズによりほぼ平行なビームとし、前述のようなビーム整形光学系を用いて、レーザービームのアスペクト比をほぼ1に変換して、そのビームパラメータをSMF固有のビームパラメータに等しくし、これを集光レンズにより、SMF入射端に集光するという方法および装置が用いられている。

【0009】しかしながら、上述の従来の光学系 (図1、および2) には、下記の問題点がある。

(1) 整形光学系が複雑で、かなりのスペースを必要とするため、実用上、必要スペースにおいて制約がある。

(2) 図1に示された光学系 (シリンダーレンズ使用) では、2つの垂直なシリンダ面の稜線の軸角度 (90度の交差角) のズレがなく、および中心軸からのズレ (偏芯) がないレンズを作製することは、きわめて困難である。

(3) 図2の光学系 (アナモルフィックプリズム使用) においては、 $\odot\parallel$ 方向に、光軸のズレが生ずる。

(4) 図1および2の光学系において、調整を要する部分が多く、また倍率調整、傾き調整、などに高精度が要求され、しかも許容量が小さい。

(5) このため、信頼性の高い光学系を組むには、機構上の困難がある。

【0010】本発明は、レーザーダイオードから出力されるレーザービームに対し、ビーム整形、非点隔差の補正、SMFのビームパラメータに一致させるための特定集光レンズの使用などを必要としないシングルモード光ファイバを得るための、光ファイバ先端に曲面加工を施す方法および装置を提供しようとするものである。

【0011】また、本発明は、レーザーダイオードによ

り出力されるレーザービームに適合するビームパラメータを有するシングルモード光ファイバを得るための、光ファイバ先端に曲面加工を施す方法および装置を提供しようとするものである。

【0012】さらに本発明は、簡単に、かつ高信頼性をもって、光ファイバ先端に所望曲面を付与することができる方法および装置を提供しようとするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光ファイバ先端の曲面加工方法は、光ファイバ先端面に、熔融成形を施すに際し、成形部材に形成され、かつ所望の形状および寸法を有する凹曲面に、光ファイバの先端面を、この光ファイバの中心軸方向の押圧下に押し当て、かつ前記成形部材にレーザー光を照射して、前記凹曲面部分の温度を、前記光ファイバの熔融温度以上に上昇させ、それによって、前記光ファイバ先端面を、前記凹曲面に対応する曲面に成形することを特徴とするものである。

【0014】本発明方法において、前記押し当て工程および加熱工程を、不活性ガス、又は還元性ガスからなる雰囲気中において施すことが好ましい。

【0015】また、本発明方法において、前記光ファイバの先端部分を、予じめ先細に成形しておくことが好ましい。

【0016】本発明に係る光ファイバ先端の曲面加工装置は、光ファイバの先端面に熔融成形を施すために、所望形状および寸法を有する凹曲面部を具備している成形部材と、前記凹曲面部に対向して配置され、前記光ファイバを収容固定する案内筒と、前記案内筒を、それに収容固定される光ファイバの中心軸に沿って変位する手段と、および前記成形部材に、レーザー光を照射する手段と、を有することを特徴とするものである。

【0017】本発明装置において、前記成形部材をとりかこむ空間に不活性ガス又は還元性ガス供給源が連結されていることが好ましい。

【0018】本発明装置において、前記レーザー光照射手段が、前記成形部材に対向して配置されたCO₂レーザー光源と、前記CO₂レーザー光源と前記成形部材との間に配置された集光レンズと、前記集光レンズと前記CO₂レーザー光源との間に配置されたシャッターとを有することが好ましい。

【0019】また、本発明装置において、前記シャッターが、照射時間制御手段に連結されていることが好ましい。

【0020】本発明方法および装置において、SMFの先端に形成される曲面、特に球面は、光、特にレーザービームに対し、集光レンズとして作用するものであって、この曲面の形状は、レーザービームから出射されるレーザービームに対応して設定される。一般に、半導体レーザーの導波構造および屈折率によって、レーザービームの発散角 ($\odot\perp$, $\odot\parallel$) が定まり、この発散角 (\odot

上、 $\odot \parallel$) および非点隔差 δ に応じて、集光レンズであるSMF先端曲面のレンズ出射面におけるレーザービーム球面形状の径 ($D \perp$ および $D \parallel$) が $D \perp = D \parallel$ となる様に、本発明方法、装置により得られるSMF先端曲面の曲率半径 ($R \perp$ および $R \parallel$) を決め、成形部材の凹曲面の形状・寸法を設定する。

【0021】このR (曲率半径) は $100 \mu\text{m}$ 程度のきわめて小さい値であり、かつ、 $R \perp \neq R \parallel$ のトーリック面を形成しているので、SMFの各々の先端面を、研磨又は切削により上記 $R \perp$ および $R \parallel$ を有する曲 (球) 面に成形することは困難である。しかしながら、近年のマイクロメカニックスの発展により柔軟な物体に対し、上記曲 (球) 面の加工が可能になってきている (例えばFANAC ROBOnamoUの使用)。石英光ファイバのように硬くかつ細くて折れ易い対象物品の多数の先端面を、同一曲面形状・寸法に、上記研磨・切削により成形加工することは困難である。

【0022】しかしながら、本発明方法および装置により、SMF先端部を、加熱溶融しながら、これを、所望曲面に対応する成形用凹曲面に押し当て成形すれば、SMF先端に、所望のトーリック面を再現性よく形成することができる。

【0023】レーザービームの前記SMF先端曲面レンズ出射面におけるビーム径 ($D \perp$, $D \parallel$) が、SMFのMFD (モードフィールド径) に一致しなければ、結合損を生ずる。このため、SMFの先端部に予じめ熱拡散処理を施して、そのコア径を、所望のMFDに一致するようにしておけば、結合効率を向上させることができる。すなわち、LDのビームパラメータに応じて、SMF先端面の曲率半径が定まり、それにより、このSMFのMFDも定まる。そこで、SMF先端部のコア拡大により、これにLDのビームパラメータに対応する所望のMFDを付与し、このSMF先端部に、本発明方法および装置による曲面加工を施せば、所望の集光性能を有するSMFが得られる。

【0024】光ファイバが石英により形成されている場合、その溶融温度は $1,800 \sim 2,000^\circ\text{C}$ 程度であるから、本発明に用いられる成形用凹曲面部を有している成形部材は、上記高温に耐え得る金属材料、例えば黒鉛あるいは炭化ケイ素など、により形成されていることが必要である。

【0025】成形部材の凹曲面部を所望温度に加熱するために、従来の抵抗加熱炉、又はマイクロ波加熱炉などを用いると、成形部材全体の温度が上昇して、そのまわりの雰囲気に対流を生じ、或は輻射により、凹曲面に近接している微細光ファイバを加熱し、これに曲がりを生ずるなどの問題を生ずる。

【0026】そこで、本発明方法および装置においては、レーザービームにより成形部材の凹曲面部分の温度を選択的に上昇させる。また、光ファイバの先端部を、

好ましくは予じめ先細に成形しておき、さらに、予備研磨により、先端面を所望の曲率半径Rの球面に近い形状に成形しておく。このような光ファイバを、その中心軸に沿って変位させて、この光ファイバ先端部を前記加熱された凹曲面に押し当てる。すると、光ファイバの先端部のみが溶融され、所望曲面に成形される。また、このとき生成する溶融カスは、前記先細部分周面上に流出するため、先端面が汚染されることはない。本発明方法および装置による光ファイバの溶融量はきわめて微量で十分であるため、この成形加工に必要なレーザー光照射時間は、きわめて短かく、このため、成形部材の、凹曲面部以外の部分の発熱は、十分に抑制される。

【0027】レーザー光照射を停止すると、凹曲面部の熱は、成形部材全体に拡散し、凹曲面部の温度は急激に低下し、光ファイバ先端部は冷却固化する。上記のレーザー光照射による成形加工を繰り返しても、凹曲面部分の体積に対し、成形部材全体の体積を十分大きくしておけば、成形部材全体の温度上昇は、實際上無視することができる。

【0028】本発明方法および装置を、添付図面により説明する。図3は、本発明における光ファイバ先端部の成形加工の原理を説明する図面である。図3において、成形部材1の1面上に、成形用凹曲面2が形成されている。この凹曲面は、図4に示すように、X方向およびY方向において互に異なる曲率半径 R_x および R_y を有するトーリック面であって、マイクロマシニング装置により高精度をもって形成されている。

【0029】一方、光ファイバ (SMF) 3の先端部分は、予じめ先細に研磨成形されており、その先端面3aは、所望曲面に近似した形状に研磨加工しておく。図1において、光ファイバ3のコア部3bには、その先端部に予じめコア拡大処理が施され、拡大コア先端部6が形成されている。この光ファイバ3を、その中心軸に沿って動かし、光ファイバ先端面3aを、成形部材1の凹曲面2に微弱な押圧力により押し当てる。この押し当てと同時に、成形部材1の反対面から、上記凹曲面部2に向かって、レーザー光4が照射される。このときレーザー光4の断面形状は、レンズ5により調節される。すると、凹曲面部2が発熱し、その温度が、光ファイバの溶融温度 (石英の場合、 $1800 \sim 2000^\circ\text{C}$) 以上になると、光ファイバ3の先端面3aが溶融し、凹曲面形状に対応する凸曲面形状にならぬ成形される。

【0030】このとき、光ファイバ先端部の溶融量は極く微少であり、短時間内に曲面成形が完了する。また、溶融カスの生成量も極く微少であり、かつそれは先細周面上に流出する。従って、光ファイバ先端成形曲面は、清浄に保持される。

【0031】成形部材のレーザー光照射部分の体積を小さくすれば、凹曲面部の温度は瞬時に所望温度に達して所望成形を短時間内に完了し、レーザー光照射を停止す

れば、凹曲面部の熱は、成形部材全体に拡散して、凹曲面部の温度は急速に低下する。この温度低下速度は成形部材の加熱部分体積と、非加熱部分体積との比によって定まる。また、この体積比が大きい場合、加熱成形操作を多数回繰り返したときの成形部材全体の温度上昇が小さくなる。

【0032】図5には、上記のようにして得られた曲面に成形された先端面を有する光ファイバ(SMF)と、レーザーダイオード(LD)との結合を示す説明図である。図5(a)は、導波面に平行な方向(⊙∥、第4図のX方向)の結合説明図であり、図5(b)は、導波面に直角な方向(⊙⊥、第4図のY方向)の結合説明図である。

【0033】図5(a)、(b)において、レーザーダイオード(LD)7の出射ビームの⊙∥方向におけるビームウェイト8は、LD出射端面10よりも内側にあり、⊙⊥方向におけるビームウェイト9は、出射端面上にある。このため、非点隔差 δ が存在する。また、出射ビームの発散角には、⊙∥方向11と、⊙⊥方向12とにおいて差異があり、その比をアスペクト比と云う。このアスペクト比が3以上の場合、LDとSMFの結合に問題を生ずる。

【0034】⊙∥方向のレーザービーム11は、大きな曲率半径 R_X を有するレンズ(長い焦点距離のレンズ)により集合され、このレンズ出射面13におけるビーム径は D_X となる。また、⊙⊥方向のレーザービーム12は、ビーム発散角が大きいため、小さな曲率半径(短い焦点距離)のレンズにより集合され、このレンズ出射面におけるビーム径は D_Y である。与えられた非点隔差 δ と、アスペクト比に対して、 $D_X = D_Y$ となるような R_X および R_Y 値が存在する。発散角と、 R_Y 値から、 D_Y 値が得られ、この D_Y 値が、SMFのMFDに一致しない場合には、これらが一致するように、SMFの先端部に予じめコア拡大を施しておくことが望ましい。

【0035】図6は、本発明に用いられる成形部材(金型)の一例の断面形状を示す。図6において、円板状成形部材1の1面上に所望形状、寸法を有する凹曲面2が形成されており、その反対側にレーザー光照射部14が形成されている。これら凹曲面2およびレーザー光照射部14は、拡大して画かれている。また、凹曲面2は、円板状成形部材1の中心部に形成されている。凹曲面2と、レーザー光照射部14との間の厚さは、光ファイバ先端により、凹曲面に負荷される押圧に耐え得る機械的強度が得られる限りできるだけ薄いことが好ましい。また、レーザー光照射部14の径は、凹曲面部の径よりもやや大きいことが好ましい。

【0036】図6において、円板状成形部材1の周辺部に切り込み15を形成しておく、成形部材1の押圧に対するバネ弾性および、成形部材1の周縁部への熱抵抗を高めることができる。図6に示されているように、成

形部材1は、その周縁部において、高耐熱性ファインセラミックス(例えばアルミナ)から形成された保持部材又は取り付け部材16により所定位置に保持される。保持部材16の中心線と、成形部材1の凹曲面の頂点を通る中心軸17との偏心は、 $1\mu\text{m}$ 以下にコントロールすることが好ましい。

【0037】成形部材は、例えば 2000°C 以上の高温に耐え、かつ高精密な加工(表面粗さ 50nm 以下)が可能であり、かつ、耐酸化性のすぐれた材料により形成されることが好ましい。このような条件に適した材料としては、ジルコニア(ZrO_2 、最高使用温度: 2200°C)炭化ケイ素(SiC 、最高使用温度: 2300°C)あるいは黒鉛(最高使用温度: 2500°C)などがある。ジルコニアは、精密加工が可能であるが、レーザー光の吸収率が低いため、レーザー発熱効率を向上させるためには、ジルコニア材料に、レーザー光吸収率の高い高耐熱性材料を貼り合わせる必要がある。本実施例ではレーザー光吸収率が高く、かつ高耐熱材料である SiC 又は黒鉛を用いる。このような素材は、不活性ガス(例えば N_2 ガス)、又は還元性ガス(例えば H_2 ガス)からなる雰囲気中で用いられることが好ましい。このような場合、成形部材の加熱部分をとりかこむ空間に、不活性ガス又は還元性ガスを送入し、それを保護することが好ましい。

【0038】成形部材を、上記とは別な素材としてチタン炭化物(TiC)により形成することができる。この場合、酸化性雰囲気内において 2400°C 以上の高温で使用することが可能になる。このチタン炭化物のレーザー光吸収率は、ジルコニアより高いが、黒鉛より低い。つまり、チタン炭化物は、酸化性雰囲気内で使用できるという長所を有するが、しかし、レーザー光照射による瞬時加熱の効率が低いという短所を有する。

【0039】図7に、本発明装置の一例が示されている。図7において、ホルダー18の中心部に形成された円筒状空間25内に、フェルール20が配置され、その中に光ファイバ3が収容固定されている。フェルール20は、光ファイバの中心軸に沿って、前記円筒状空間25内を変位可能である。成形部材1は、ホルダー18に、耐熱材料(例えばアルミナ)製耐熱ワッシャー21を介して、蓋19により取り付け保持される。ホルダー18には、リザーバー22が設けられており、このリザーバー22中に、バルブ23を介して、外部供給源から乾燥不活性ガス(N_2)、又は還元性ガス(H_2)を送入し得るように構成されている。上記成形部材、ホルダー、フェルールなどは、容器26中に収容されている。リザーバー22は、透孔24を通して、光ファイバ保持フェルール20を収容している円筒状空間25、および成形部材1が露出している容器26内空間に連通し、必要に応じてこれらに不活性ガス又は還元性ガスを送り込むことができるようになっている。

【0040】加熱用レーザー光としては、CO₂ レーザー光を用いる。(又はYAGレーザー光を用いても良い)。これらは吸収率が高いという利点を有する。CO₂ レーザー光は、10.6 μmの波長を有し、これは、黒鉛により100%の吸収率で吸収されるため、黒鉛成形部材に対しては、発熱効率がきわめて高いという利点がある。

【0041】容器26の壁面には、成形部材1のレーザー光照射部14に対向する位置に、レーザー光照射用窓27が設けられている。この窓27は、気密保持のため、使用するレーザー光を透過する材料、例えば、ZnSeなどにより形成される。この窓27の外側にレーザー照射光学系手段が配置されている。すなわち、窓27に対向してレンズ28が配置され、レンズ28に対向して、CO₂ レーザー光源29が配置され、両者の間にシャッター30が配置されている。シャッター30が開かれているとき、CO₂ レーザー光源29から出射されたレーザー光をレンズ28を介して成形部材1のレーザー光照射部14に集光することができる。レンズ28は、コンピューター31によって制御される並進機構32によって、光軸方向に変位可能であり、この変位により、レーザー光照射部14におけるレーザー光スポットの径を変化させることができる。このようにレーザー光スポット径を変化させることにより、成形部材1の凹曲面部1の温度分布を制御することができる。また、光ファイバに適応した最適スポット径を設定することができる。

【0042】成形部材1の使用寿命を延ばすためには、放置状態において、成形部材1に吸着された酸素

(O₂) ガスを脱着する必要がある。このためには、レンズ28により、集光スポットの径を大きくし、成形部材1全体を、昇華を生じない程度の温度に加熱することが有効である。上記加熱脱着操作が終了したならば、シャッター30を閉じ、レンズ28の位置を、マイクロスポット加熱のための所定の位置に戻しておく。

【0043】フェルール20に保持されている光ファイバ3は、ホルダー18の円筒形空間25の内面により案内されて変位し、光ファイバ先端面が、成形部材1の凹曲面2に押し当てられる。このとき、フェルール20には、加圧機構33により、所定の押し当て圧力が負荷される。この加圧機構33は、光ファイバ先端面の押圧が所定値をこえると、空転する機構を成し、コンピューター31により制御される。

【0044】本発明方法を実施するには、前述のように、成形部材1の凹曲面に、所定の押圧下に、光ファイバ3の先端面を押し当て、次にシャッター30を開き、CO₂ レーザー光源29からレーザー光を出射し、レンズ28を通して、レーザービームを成形部材1のレーザー光照射部14にマイクロスポット状に集光して、これを加熱する。すると、凹曲面部2の温度は急速に上昇し、光ファイバ3の先端面を熔融し、光ファイバ先端

面を、凹曲面に対応する凸曲面に成形する。この成形が完了したならば、シャッター30を閉じ、加熱成形を完了する。上記加熱時間(すなわちシャッター30の開孔時間)および押し当て時間(すなわち加圧機構33の作動時間)は、レーザービームのパワーと、集光スポット径と、凹曲面の曲率、光ファイバの材質、寸法、などに応じて予め設定され、コンピューター31により制御される。加熱操作が終了と、凹曲面部の熱は、成形部材全体に拡散し、凹曲面部の温度は急速に低下する。成形部材、特に凹曲面部が黒鉛により形成されているとき、光ファイバを形成する石英と黒鉛とは反応することがなく、凹曲面の転写がスムーズに行われる。

【0045】上記本発明は、シングルモード光ファイバ(SMF)について説明されたが、本発明は、並列処理型の複数本の光ファイバについても適用することができる。この場合、成形部材に所望数の凹曲面を形成しておき、レーザービームを所望数のビームに分割し、これを、成形部材に照射して、対応凹曲面部を加熱すればよい。

【0046】

【発明の効果】本発明方法および装置により、光ファイバ先端面に所望形状・および寸法の曲面を容易、且つ高信頼度をもって成形することができる。このような先端加工された光ファイバは、LDの発光パターン(アスペクト比など)に適応した曲率半径のトーリック面を有することができる。従って、本発明方法および装置により先端加工された光ファイバは、整形手段などの複雑な光学系を用いることなく、高結合効率をもって、LDに結合して、機械的に安定したLDモジュールを構成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)、(b)は、レーザーダイオード(LD)と光ファイバ(SMF)との従来の結合光学系((a):ジャンクションに平行、(b):ジャンクションに直角)の一例の説明図。

【図2】図2(a)、(b)は、レーザーダイオード(LD)と光ファイバ(SMF)との従来の結合光学系((a):ジャンクションに平行、(b):ジャンクションに直角)の他の例の説明図。

【図3】図3は、本発明における成形部材と、光ファイバ先端部の関係を示す正面説明図。

【図4】図4は、本発明に用いられる成形部材の凹曲面の形状の一例を示す説明図。

【図5】図5(a)は、本発明方法により先端曲面加工された光ファイバと、レーザーダイオードとの結合系の、ジャンクションに平行な方向の説明図。図5(b)は、上記結合系の、ジャンクションに直角な方向の説明図。

【図6】図6は、本発明に用いられる成形部材の一例の側面説明図。

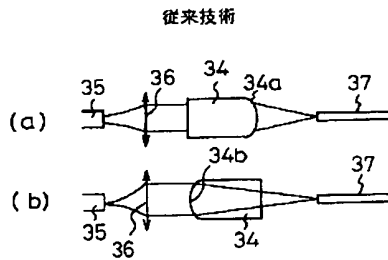
【図7】図7は、本発明装置の一例の構成を示す説明図。

【符号の説明】

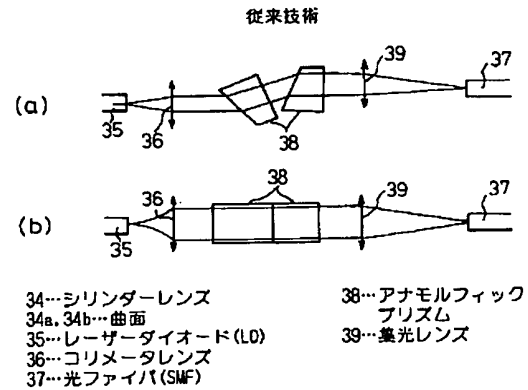
- 1…成形部材
- 2…凹曲面
- 3…光ファイバ
- 3a…先端面
- 3b…コア部
- 4…レーザービーム
- 5…レンズ
- 6…光ファイバのコア先端拡大部
- 7…レーザーダイオード
- 8… \odot 方向のビームウェスト
- 9… \odot 上方向のビームウェスト
- 10…出射端面
- 11… \odot 方向のレーザービーム
- 12… \odot 上方向のレーザービーム
- 13…レンズ出射端
- 14…レーザー光照射部
- 15…切り込み部
- 16…保持部材
- 17…成形部材の中心軸
- 18…ホルダー

- 19…蓋
- 20…フェルルール
- 21…耐熱ワッシャー
- 22…リザーバー
- 23…バルブ
- 24…透孔
- 25…円筒状空間
- 26…容器
- 27…レーザー光用窓
- 28…レンズ
- 29… CO_2 レーザー光源
- 30…シャッター
- 31…コンピューター
- 32…並進機構
- 33…加圧機構
- 34…シリンダーレンズ
- 34a, 34b…曲面
- 35…レーザーダイオード
- 36…コリメータレンズ
- 37…光ファイバ
- 38…アナモルフィックプリズム
- 39…集光レンズ

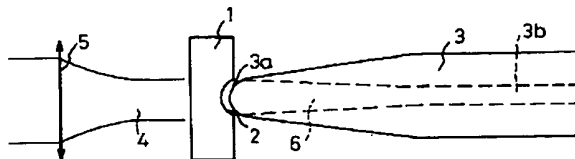
【図1】



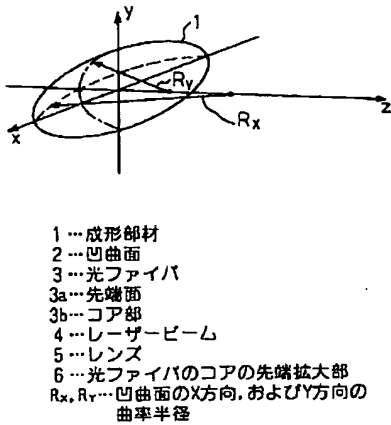
【図2】



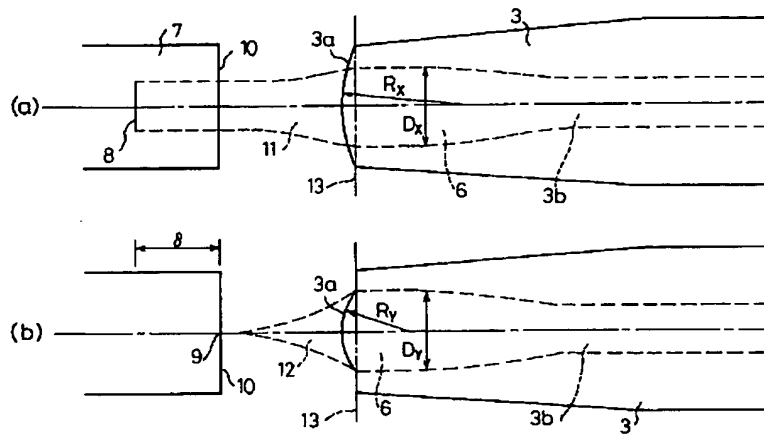
【図3】



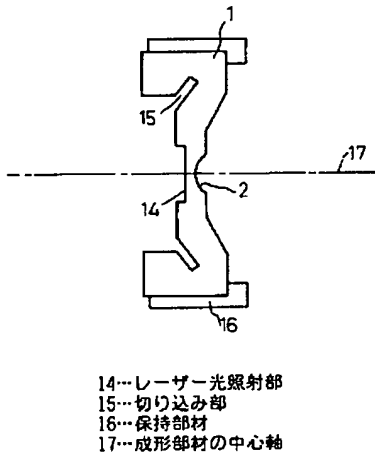
【図4】



【図5】



【図6】



- 7…レーザーダイオード
8… θ 方向のビームウェスト
9… θ 上方向のビームウェスト
10…出射端面
11… θ 方向のレーザービーム
12… θ 上方向のレーザービーム
13…レンズ出射端
14…非点偏差
 D_x, D_y …ビーム径

【図7】

